Tecnologia & Defesa, nº 17, outubro/1984, pp. 6-10

DOCUMENTO

SONDA IV

ROBERTO PEREIRA

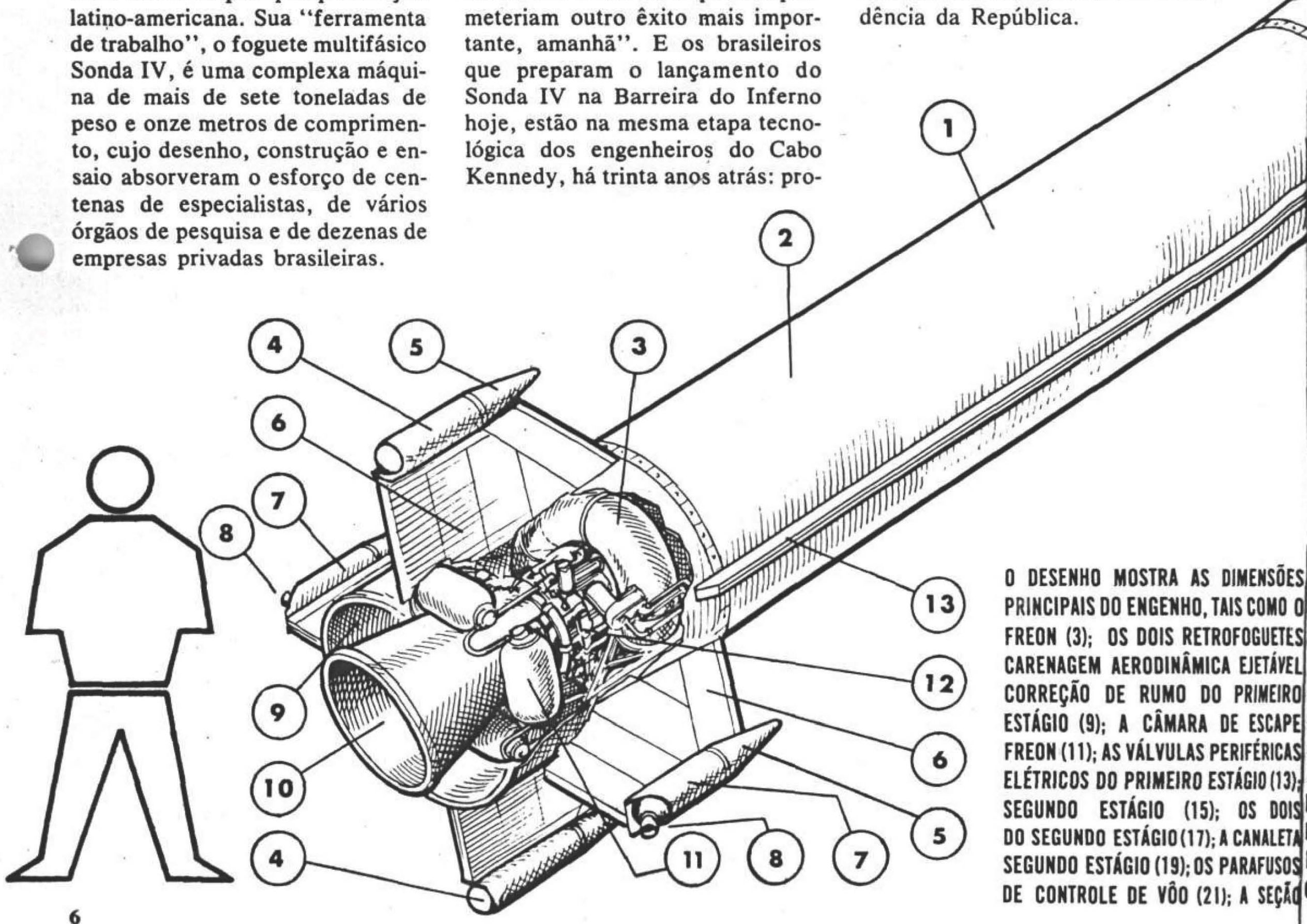
Imponente pelas dimensões e por suas características técnicas o foguete de pesquisa Sonda IV é o maior e mais complexo engenho de sondagem espacial jamais projetado e construído na América Latina. Este é um resumo de suas características, e do que dele se espera

Quando no próximo dia 21 a contagem regressiva chegar a zero no Campo de Lançamento de Foquetes da Barreira do Inferno, os cientistas brasileiros terão terminado uma luta de dez anos para transformar em realidade um dos mais ambiciosos, complexos e desafiantes programas científicos jamais iniciados por qualquer nação latino-americana. Sua "ferramenta de trabalho", o foguete multifásico Sonda IV, é uma complexa máquina de mais de sete toneladas de peso e onze metros de comprimento, cujo desenho, construção e ensaio absorveram o esforço de centenas de especialistas, de vários órgãos de pesquisa e de dezenas de empresas privadas brasileiras.

Se ele funcionar a contento, excelente. O Brasil terá ganho tempo. Se falhar, menos mal. Como disse certa vez o engenheiro Wernher von Braun "quando algo sai errado eu fico mais satisfeito do que quando tudo funciona bem. Um fracasso indica exatamente onde eu errei. Mas êxito de hoje pode esconder deficiências que comprometeriam outro êxito mais importante, amanhã". E os brasileiros que preparam o lançamento do Sonda IV na Barreira do Inferno hoje, estão na mesma etapa tecnológica dos engenheiros do Cabo Kennedy, há trinta anos atrás: procuram ganhar experiência para a colocação de satélites em órbita.

DECISÃO IMPORTANTE

No Brasil, os diferentes programas de pesquisa espacial são coordenados pela COBAE (Comissão Brasileira de Atividades Espaciais), órgão com sede em Brasília, diretamente subordinado à Presidência da República.

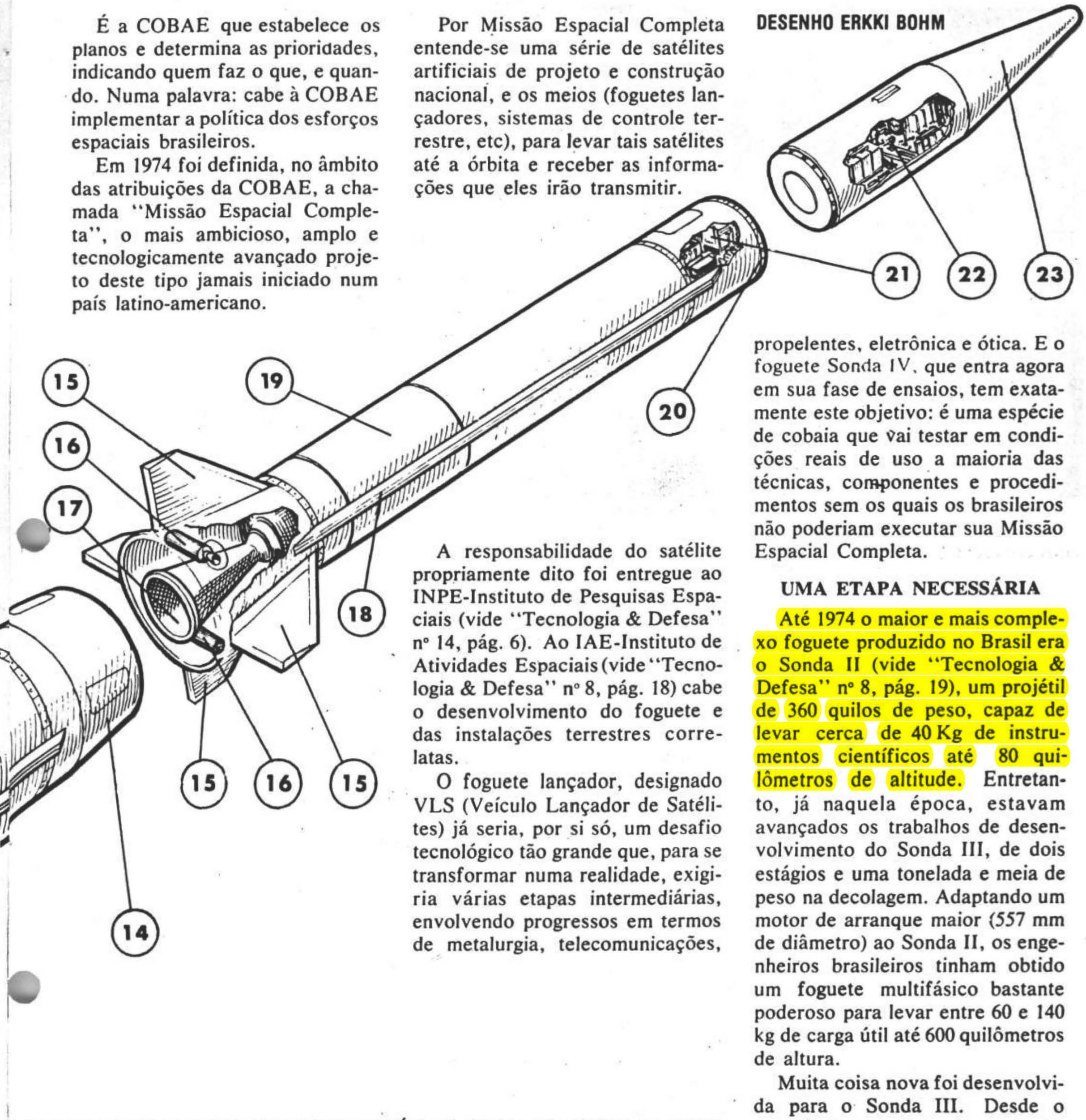


O DESENHO MOSTRA AS DIMENSÕES PRINCIPAIS DO ENGENHO, TAIS COMO O FREON (3); OS DOIS RETROFOGUETES CARENAGEM AERODINÂMICA EJETÁVEL CORREÇÃO DE RUMO DO PRIMEIRO ESTÁGIO (9); A CÂMARA DE ESCAPE FREON (11); AS VÁLVULAS PERIFÉRICAS ELÉTRICOS DO PRIMEIRO ESTÁGIO (13); SEGUNDO ESTÁGIO (15); OS DOIS DO SEGUNDO ESTÁGIO (17); A CANALETA SEGUNDO ESTÁGIO (19); OS PARAFUSOS DE CONTROLE DE VÔO (21); A SEÇÃO

É a COBAE que estabelece os planos e determina as prioridades, indicando quem faz o que, e quando. Numa palavra: cabe à COBAE implementar a política dos esforços espaciais brasileiros.

Em 1974 foi definida, no âmbito das atribuições da COBAE, a chamada "Missão Espacial Completa", o mais ambicioso, amplo e tecnologicamente avançado projeto deste tipo jamais iniciado num país latino-americano.

Por Missão Espacial Completa entende-se uma série de satélites artificiais de projeto e construção nacional, e os meios (foguetes lançadores, sistemas de controle terrestre, etc), para levar tais satélites até a órbita e receber as informações que eles irão transmitir.



COMPARADAS DO FOGUETE SONDA IV E UM HOMEM. OS NÚMEROS INDICAM, NO DESENHO, AS PARTES O PRIMEIRO ESTÁGIO (1); A SEÇÃO CILÍNDRICA DO MOTOR DO PRIMEIRO ESTÁGIO (2); O TANQUE ANELAR DE GAS S DESTINADOS A TRAVAR O AVANÇO DO PRIMEIRO ESTÁGIO NO FIM DO SEU FUNCIONAMENTO (4); A L DESSES FOGUETES (5); AS ALETAS AERODINÂMICAS FIXAS DO PRIMEIRO ESTÁGIO (6); OS DOIS MOTORES DE O ESTÁGIO (7); AS TUBEIRAS MÓVEIS DESTES MOTORES (8); A SAIA AERODINÂMICA INFERIOR DO PRIMEIRO E DOS GASES DO MOTOR DO PRIMEIRO ESTÁGIO (10); OS TANQUES DE NITROGÊNIO PARA PRESSURIZAÇÃO DO S PARA A INJEÇÃO DE FREON NO COLO DO MOTOR (12); A CANALETA EXTERNA DE PASSAGEM DOS CONTROLES), A SAIA AERODINÂMICA SUPERIOR DO PRIMEIRO ESTÁGIO (14); AS ALETAS AERODINÂMICAS FIXAS DO S FOGUETES SÓLIDOS QUE DÃO ROTAÇÃO AO SEGUNDO ESTÁGIO (16); A CÂMARA DE ESCAPE DOS GASES DO MOTOR A EXTERNA DE PASSAGEM DOS CONTROLES ELÉTRICOS DO SEGUNDO ESTÁGIO (18); A CARCAÇA CILÍNDRICA DO S EXPLOSIVOS QUE SEPARAM O SEGUNDO ESTÁGIO DO CONE DE INSTRUMENTOS (20); OS EQUIPAMENTOS O COM INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO (22) E A OGIVA CÔNICA SUPERIOR (23).

A responsabilidade do satélite propriamente dito foi entregue ao INPE-Instituto de Pesquisas Espaciais (vide "Tecnologia & Defesa" nº 14, pág. 6). Ao IAE-Instituto de Atividades Espaciais (vide "Tecnologia & Defesa" nº 8, pág. 18) cabe o desenvolvimento do foguete e das instalações terrestres correlatas.

O foguete lançador, designado VLS (Veículo Lançador de Satélites) já seria, por si só, um desafio tecnológico tão grande que, para se transformar numa realidade, exigiria várias etapas intermediárias, envolvendo progressos em termos de metalurgia, telecomunicações, propelentes, eletrônica e ótica. E o foguete Sonda IV, que entra agora em sua fase de ensaios, tem exatamente este objetivo: é uma espécie de cobaia que vai testar em condições reais de uso a maioria das técnicas, componentes e procedimentos sem os quais os brasileiros não poderiam executar sua Missão Espacial Completa.

UMA ETAPA NECESSÁRIA

Até 1974 o maior e mais complexo foguete produzido no Brasil era o Sonda II (vide "Tecnologia & Defesa" nº 8, pág. 19), um projétil de 360 quilos de peso, capaz de levar cerca de 40 Kg de instrumentos científicos até 80 quilômetros de altitude. Entretanto, já naquela época, estavam avançados os trabalhos de desenvolvimento do Sonda III, de dois estágios e uma tonelada e meia de peso na decolagem. Adaptando um motor de arranque maior (557 mm de diâmetro) ao Sonda II, os engenheiros brasileiros tinham obtido um foguete multifásico bastante poderoso para levar entre 60 e 140 kg de carga útil até 600 quilômetros de altura.

Muita coisa nova foi desenvolvida para o Sonda III. Desde o seu vôo inaugural, em fevereiro de 1976, ele funcionou a contento e com os disparos posteriores a equipe técnica do IAE pôde acumular experiência suficiente para enfrentar o desafio tecnológico do Sonda IV.

E, desde o início, ficara claro para os engenheiros brasileiros que a tarefa seria árdua. Se ela foi vencida, tal vitória exigiu sacrifícios, a solução de muitos problemas e dez anos de trabalho duro.

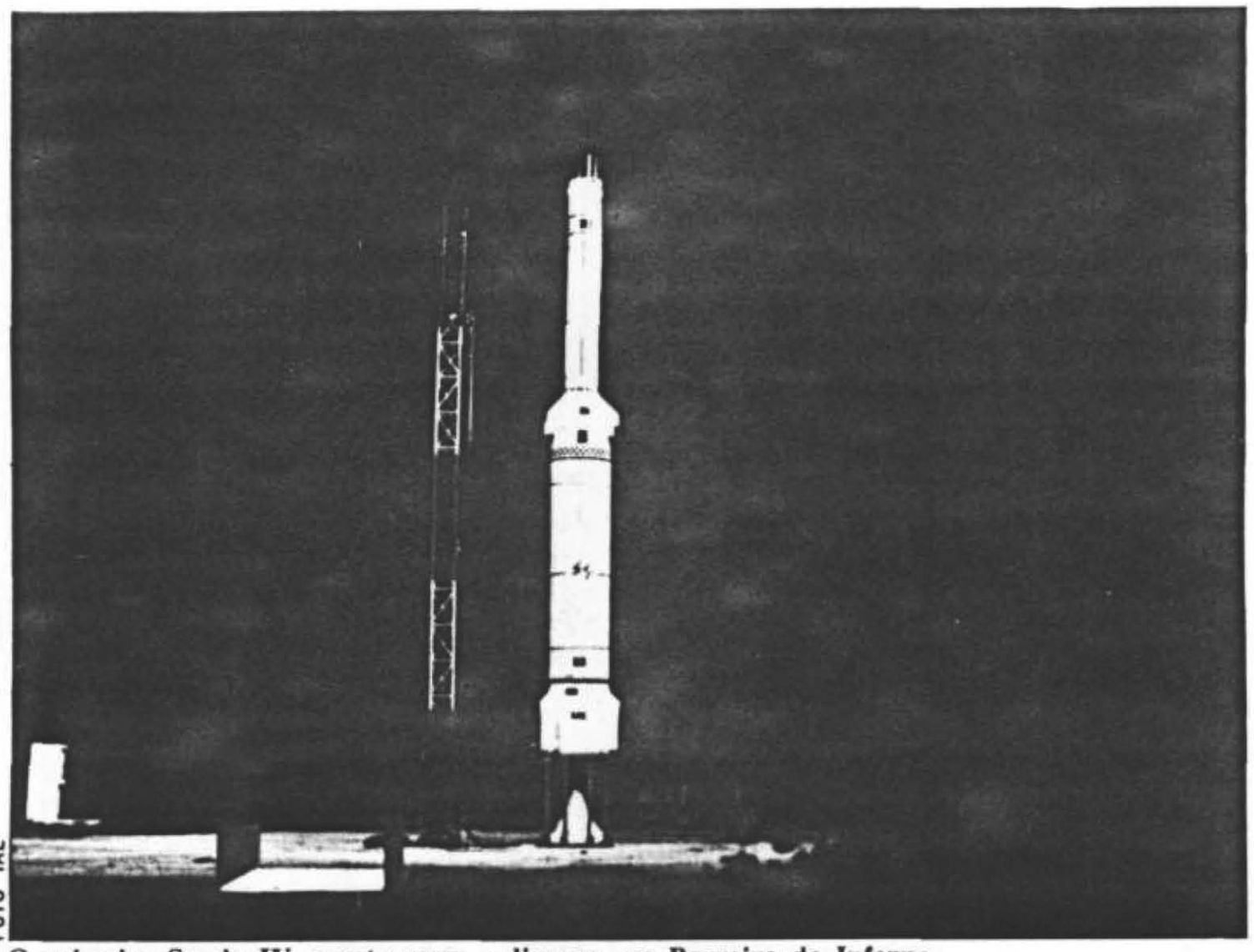


FOTO IAE

O primeiro Sonda IV pronto para o disparo, na Barreira do Inferno

IMPORTÂNCIA TECNOLÓGICA

Ninguém que participou direta ou indiretamente deste esforço minimiza os obstáculos que foram superados. Ou a importância da vitória conseguida. Segundo o brig. Hugo de Oliveira Piva, Diretor do CTA (vide "Tecnologia & Defesa" nº 10, pág. 30), "dinheiro aplicado em pesquisa não é despesa. É investimento. E investimento muito lucrativo". Ele cita como exemplo o volume de tecnologia nova que o programa Sonda IV forçou o CTA a desenvolver. Tecnologia que por força da execução do programa foi transferida para empresas privadas brasileiras, capacitando-as a melhor disputar com seus produtos o concorrido mercado internacional.

"O programa do 'Sonda IV' só foi possível graças à cooperação efetiva entre o IAE e os demais Institutos do CTA e cerca de cincoenta empresas privadas brasileiras", diz ele.

De qualquer forma, esta cooperação funcionou. Tanto que o Brasil demorou somente dez anos para transformar o Sonda IV de um plano em realidade concreta, espaço de tempo equivalente àquele gasto pelos franceses para desenvolver o "Diamant", seu 1º foguete lançador de satélites. É bem verdade que o Sonda IV não colocará satélites em órbita, mas engloba a maior parte da tecnologia para isso necessária. "Com o 'Sonda IV' nós demos o passo final rumo ao Veículo Lançador de Satélites", explica o cel. eng. Lauro Eduardo de Souza Pinto, Diretor do IAE.

Para o leigo, que assiste pela televisão à subida de um foguete, a complexidade daquele engenho pode não ser tão evidente. Mas não seria exagero afirmar que entre todas as máquinas de grande porte é o foguete espacial aquele que envolve maior complexidade e que precisa funcionar dentro de limites e tolerâncias mais estritos, para cumprir sua missão de modo correto.

Ele precisa ser leve (cada quilo adicional custa caro); estruturalmente resistente (deve resistir a acelerações brutais durante a subida); agüentar choques e vibrações; ter formidável força motriz (para superar a atração gravitacional da Terra e a resistência aerodinâmica da atmosfera) e ser estável em seu vôo, para poder levar sua preciosa carga de instrumentos até a altitude desejada, no momento preciso.

No caso do Sonda IV, tais parâmetros eram muito mais rígidos do que aqueles exigidos por outros foguetes menores, até então fabricados e lançados pelos brasileiros.

FORMA E DIMENSÕES

Definidas as características básicas do novo engenho, o CTA construiu maquetas na escala 1/20. Primeiro elas foram ensaiadas no túnel de vento subsônico de São José dos Campos. E depois enviadas para testes complementares nos túneis de vento supersônicos do DFVLR, em Porz-Wahn, na Alemanha Federal. Analisados com a ajuda de computadores, estes ensaios mostraram que as características básicas do desenho estavam corretas, mas indicaram o que deveria ser modificado para melhorar o desempenho da máquina.

Enquanto isso, no Brasil, outros técnicos trabalhavam no aperfeiçoamento de uma série de componentes e peças, necessários para a construção do foguete real.

A lista destes trabalhos é enorme e até sua descrição resumida encheria várias revistas "Tecnologia & Defesa". À título de ilustração citaremos apenas alguns exemplos, como o da metalurgia. Até o Sonda III os brasileiros vinham utilizando, em seus foguetes, aços especiais tipo SAE 4140, de alta resistência. Mas o motor do Sonda IV exigia ligas ainda mais fortes. A carcaça do seu motor, sobretudo, constituía um desafio à parte e depois de analisar as várias ligas existentes os engenheiros do CTA cristalizaram sua preferência sobre o aço 300M. Trabalhando com os técnicos da firma paulista "Eletrometal" a equipe do CTA aperfeiçoou um novo método brasileiro de produzir aço 300M pelo processo "eletro-slag".

Estes blocos de aço especial produzidos pela "Eletrometal" são depois enviados a Minas Gerais, onde são laminados pela empresa "Acesita", utilizando um novo processo de preparação industrial aperfeiçoado conjuntamente pelo CTA e pelos especialistas da empresa "Usiminas".

Depois de examinadas, estas chapas laminadas de 3,2 mm de espessura são novamente enviadas a São Paulo, onde a empresa "Confab" as dobra e solda para formar a

carcaça do motor, capaz de resistir a pressões de até 185Kgf/mm².

Vem em seguida a fase do tratamento térmico do conjunto, realizado no Rio Grande do Sul pela firma "Wotan", que para tanto inaugurou um novo forno vertical a vácuo.

Todo este trabalho apenas para que o motor do primeiro estágio do Sonda IV fosse feito no Brasil, por empresas brasileiras e com tecnologia nacional. Obviamente, porém, todas estas firmas envolvidas adquiriram tecnologia muito sofisticada, que aplicada a outros produtos permitem que elas concorram melhor no mercado internacional.

PROPELENTE SÓLIDO

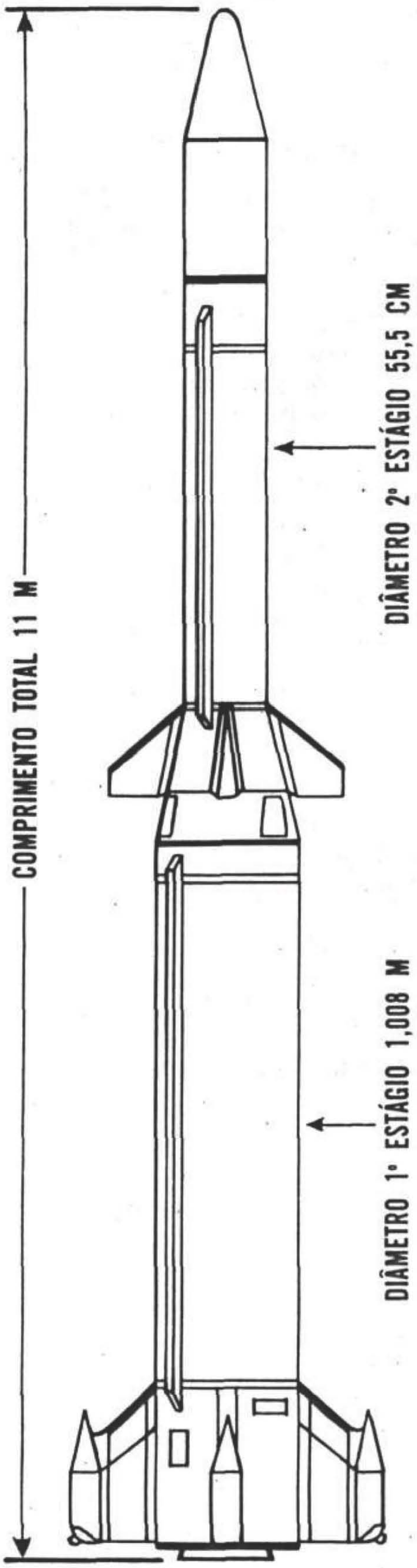
Conforme explicamos em nossa edição nº 8, o desenvolvimento dos foguetes da "família" Sonda levou os engenheiros do CTA a adotar novos tipos de propelentes sólidos, os chamados "composites". Porém, até há pouco, a demanda era tão reduzida que saia mais econômico importar os produtos para a feitura daquele combustível. Nos dois estágios do Sonda I eram utilizados somente 25,9Kg de propelente. E o único motor do Sonda II utilizava, apenas, 229Kg de propelente sólido para funcionar.

Com o Sonda III, porem, o volume de combustível subiu para cerca de uma tonelada. Prevendo este fato, os técnicos do CTA construíram em São José dos Campos uma usina-piloto bastante moderna, capaz de misturar os diferentes componentes químicos do combustível até formar a composição correta. Mesmo assim, aquela solução era temporária. Ela não resolvia o problema da produção nacional dos diversos componentes, nem tinha condições para atender à demanda de foguetes maiores, como o Sonda IV.

Num esforço hercúleo, e trabalhando em conjunto com engenheiros e químicos de empresas brasileiras, os homens do CTA não apenas aperfeiçoaram métodos novos para a produção nacional daqueles componentes, como também projetaram e construíram uma usina grande, em Varadouro (SP), com capacidade para misturar as quantidades exigidas de "composite" e encher com tal produto motores grandes, como aqueles usados no Sonda IV e no futuro VLS (Veículo Lançador de Satélites).

Os detalhes deste programa, e da Nova Usina do Varadouro, estão descritos em detalhe em outra reportagem desta revista, na pág. 17.

AS DIMENSÕES DO SONDA IV



DESENHO IAE

DETALHES TÉCNICOS

Para que se tenha uma idéia da complexidade de um foguete como o Sonda IV, basta lembrar que para construí-lo são utilizados centenas de componentes, peças e partes diferentes.

Basicamente o foguete inclui três partes principais: Um primeiro estágio, dotado de sistemas para orientar seu vôo durante a subida; um segundo estágio estabilizado por "spin" (ou rotação) e uma "cabeça inteligente", que abriga todos os sistemas de direção e controle da máquina.

O primeiro estágio tem como elemento principal um motor de combustível sólido de 1m de diâmetro. Este motor possui, em baixo, uma espécie de "saia" aerodinâmica feita de aço tipo 4140, que cobre a tubeira de saída dos gases, os mecanismos de controle e que prende, também, quatro lemes fixos feitos de alumínio tipo 2024 ST. Dois desses lemes têm, na ponta, pequenos motores de tubeira movel, para ajudar na orientação da trajetória do foguete nas fases iniciais da subida. Os dois outros levam na ponta retrofoguetes, cuja missão é freiar o primeiro estágio, segundos após sua separação do segundo, afastando-o da trajetória do conjunto remanescente.

Na extremidade superior do primeiro estágio está fixada outra "saia" aerodinâmica, em forma de cone, sobre a qual se encaixa o segundo estágio.

A "saia" de baixo cobre um complexo conjunto de tanques de gás, válvulas, tubos e controles.

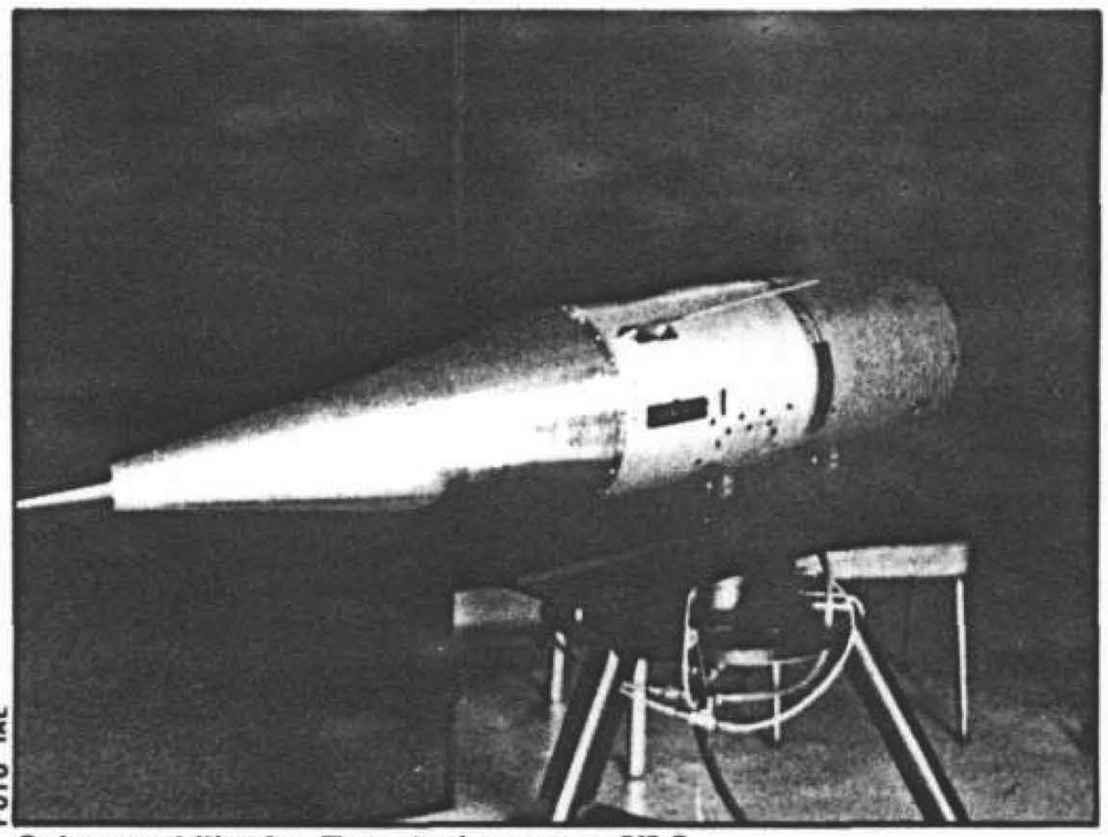


FOTO IAE

Ogiva estabilizada. Tecnologia para o VLS

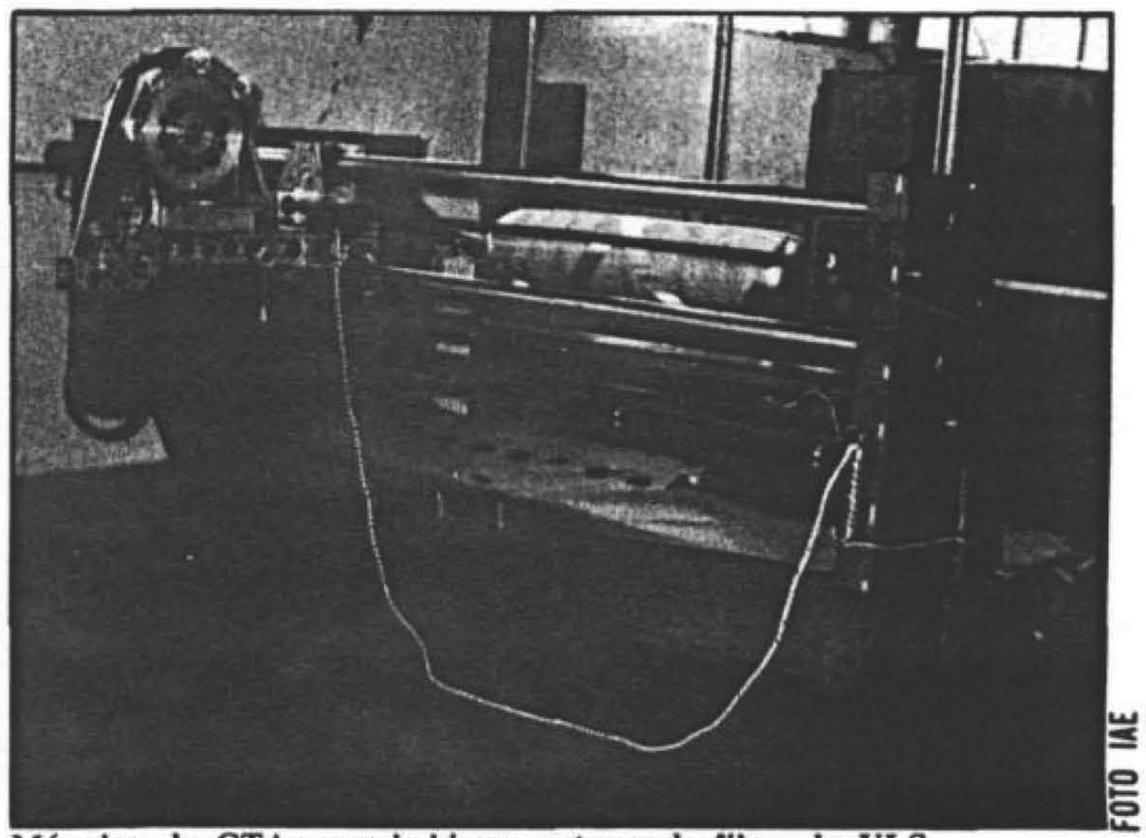


FOTO IAE

Máquina do CTA para bobinar motores de fibra do VLS

Um destes tanques tem forma toroidal (anelar) e guarda gás freon com pressão de 80 atmosferas. Quatro outros tanques cilíndricos de nitrogênio (200 atmosferas) pressurizam o freon, que através de pequenas válvulas colocadas na periferia da câmara de expansão desvia o fluxo de gases, direcionando o foguete.

"Só a construção do tanque anelar nos deu muita dor de cabeça", explica o cel. Lauro (43 anos, natural de Petrópolis, no Estado do Rio de Janeiro). "Os técnicos do CTA tiveram de projetar e construir um instrumento especial só para soldar as partes deste tanque, na forma correta e com a precisão desejada. Mas a necessidade é a mãe da criatividade, e nos conseguimos", diz ele.

O SEGUNDO ESTÁGIO

Basicamente o segundo estágio do foguete Sonda IV é uma modificação do primeiro estágio do Sonda III. Utiliza o mesmo motor de 55,7cm de diâmetro e possui também quatro aletas aerodinâmicas fixas.

Terminada a combustão do primeiro estágio do Sonda IV, parafusos explosivos separam-no do segundo estágio. Instantes depois dois pequenos motores de combustível sólido dão ao segundo estágio um movimento de rotação, fazendo-o girar como uma bala de fuzil em torno do seu eixo. E, em seguida, entra em funcionamento o seu motor principal. O combustível é basicamente o mesmo nos dois estágios: um "grão" sólido formado por 65% de perclorato de amônia, 15% de polibutadieno carboxilado e 15% de pó de alumínio, além de 5% de outros componentes adicionais.

Finda a combustão do motor do segundo estágio, outros parafusos explosivos separam-no da ponta do foguete, onde estão os instrumentos e sistemas eletrônicos de bordo.

OBJETIVOS BÁSICOS

Para preparar e disparar um foguete tão grande e pesado como o Sonda IV foi necessário construir novas instalações na Barreira do Inferno: novos depósitos, uma nova plataforma de lançamento, uma torre de serviço móvel, e também novos equipamentos terrestres de controle e rastreio.

Neste primeiro vôo do Sonda IV, não há planos para recuperar sua "carga útil", que entre outros elementos possui uma plataforma inercial de direção. "A. C. S. Midas Analog", modelo 20170-3. Sistemas especiais medirão o desempenho do foguete nas várias fases da subida, transmitindo essas informações, pelo rádio, para posterior análise em terra.

Além deste vôo de novembro está previsto outro para 1985 e mais um para 1986. Todos visando "afinar" os sistemas do Sonda IV que, como já foi dito, serão mais tarde utilizados no Veículo Lançador de Satélite brasileiro.

"Nada impede que nós venhamos a construir outros foguetes tipo Sonda IV", explica o cel. Lauro. Tais exemplares adicionais poderão ser necessários para no ensaios ligados ao desenvolvimento do lançador de satélites. Ou utilizados para experimentos científicos brasileiros a grande altura. Ou, ainda, para exportação, já que os foguetes de pesquisa nacionais vêm despertando muito interesse na comunidade científica internacional. "Porém, o que realmente desejamos hoje com o Sonda IV é ganhar experiência necessária para construir e utilizar o VLS".

Seja como for, o Sonda IV é uma etapa tecnológica muito importante. E ganha mais importância ainda pelo impulso que indiretamente deu a indústria nacional. Já estão avançados, no próprio CTA, os trabalhos de desenvolvimento de uma plataforma inercial brasileira, projetada e construída aqui, por cientistas nacionais. Tal equipamento forma o "coração" dos sistemas direcionais dos foguetes de grande porte e tão logo esteja ele aperfeiçoado, mais um item importante terá sido nacionalizado.

Como afirma o Diretor do CTA, brig. Hugo Piva, "construir e lançar um foguete assim é feito importante para uma nação jovem como a nossa, que busca ganhar independência tecnológica. Muito mais importante é saber a dimensão dessa tecnologia que foi desenvolvida ou absorvida aqui. Eu diria até que este é um dos aspectos principais do programa Sonda IV". □